

“雪山”の造り方

その他（別言語等） のタイトル	How to make “Snow MOUND”
著者	本間 弘達, 浅川 勝貴, 船木 淳, 山上 重吉, 媚山 政良
雑誌名	寒地技術論文・報告集
巻	23
ページ	13-16
発行年	2007
URL	http://hdl.handle.net/10258/1633

CTC07-I-002

“雪山”の造り方

本間弘達¹⁾, 浅川勝貴²⁾, 船木淳³⁾, 山上重吉⁴⁾, 媚山政良⁵⁾

1) 伊藤組土建株式会社

2) 岩田地崎建設株式会社

3) 株式会社創建

4) 美唄自然エネルギー研究会

5) 室蘭工業大学

How to make “Snow MOUND”

K. HOMMA¹⁾, K. ASAKAWA²⁾, A. FUNAKI³⁾, J. YAMAGAMI⁴⁾,
M. KOBIYAMA⁵⁾

1) Itogumi Construction Co., Ltd.

2) IwataChizaki Construction Co., Ltd.

3) Soken Co., Ltd.

4) The Bibai Natural Energy Research Association

5) Muroran Institute of Technology

COLD
REGION
TECHNOLOGY
CONFERENCE 2007

1 はじめに

冬季に降った雪を冷房や冷蔵などの冷熱エネルギーとして夏季に利用する技術を利雪技術と呼ぶ。一般的には貯雪庫と呼ばれる雪の貯蔵倉庫を需要先の建物内、あるいは近傍に建設し、雪を貯蔵するが、近年、低コストな貯蔵方法として雪山貯蔵が注目されている。屋外に雪を堆積し、断熱材としてバーク材（樹皮粉砕物）や籾殻などを敷設した簡素な構造のもので、周囲に直接冷熱を搬送したり、保存された雪を小出しに取り出して需要先へ運搬することで利用される。本論では、雪山のうち、とくに中小規模（貯蔵雪量：500～1000 t on）の雪山の計画手法、および、造成方法について論ずる。

2 雪山の計画

2.1 貯蔵利用する雪量の推定

雪（氷）の潜熱は $335 \text{ MJ/ton} (=93 \text{ kW} \cdot \text{h/ton} = 80 \text{ Mcal/ton})$ である。需要先で使用する冷熱量、および、損失する熱量を求め、潜熱で除すれば、貯蔵雪の重量 [ton] を求めることができる。ここで、冷熱を使用する際の

温度域が高ければ顕熱も加味して良い。また、雪山貯蔵における雪密度は $0.5 \sim 0.7 \text{ ton/m}^3$ であるので、貯蔵雪の重量を雪密度で除すれば、貯蔵し利用できる雪の容積を得る。なお、冷熱の余力（予備）、運搬時などのロス、および異常気象による融解損失などを考慮し、必要量よりも多めに貯蔵することが一般的である。その倍率は場合により大きく異なるが、雪が無償のものであると考えれば、許容できる範囲内で大きな値とする。たとえば、倍率 1.5 を目安とし、貯蔵利用する雪の容積 $V_0 [\text{m}^3]$ を求める。

2.2 貯蔵中に失われる雪量の予測

貯蔵された雪は、貯蔵期間中に外界の影響を受けて、融解し一部が失われる。それは、おもに外気温、日射、風、地熱、降雨などの影響によるものであり、ここでは、それらの影響により融解損失する量（融解損失する雪の厚さ H_c ）を式 (1) を用いて推定する。ただし、雪山の断熱材としてバーク材を $300 \text{ mm} [=D_b]$ 使用した場合の融解高さ（深さ）である。

$$H_c = S (0.45 T_y + 0.39 T_s) \quad \dots (1)$$

ただし H_c : 雪山の融解損失高さ [mm]

S : 雪山の保存期間日数 [day]

T_s : 保存期間の平均気温 [$^{\circ}\text{C}$]

T_y : 年平均気温 [$^{\circ}\text{C}$]

北海道美唄市における雪山を例にとり、 $S=158 \text{ days}$, $T_s=14.8^{\circ}\text{C}$, $T_y=7.1^{\circ}\text{C}$ とし、 $H_c=1.37 \text{ m}$ を得る。したがって、おおよそ 1.5 m/season の雪が融解損失する。つまり、冷熱として利用する雪の大きさよりも全体（高さ方向、および、法面（のりめん）に対して垂直方向）

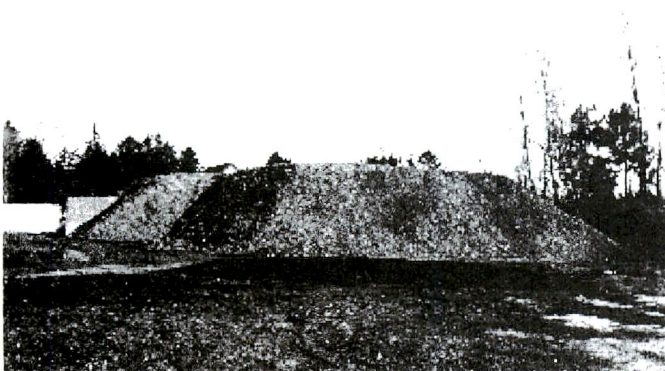


Fig. 1 北海道美唄市の雪山（2007）

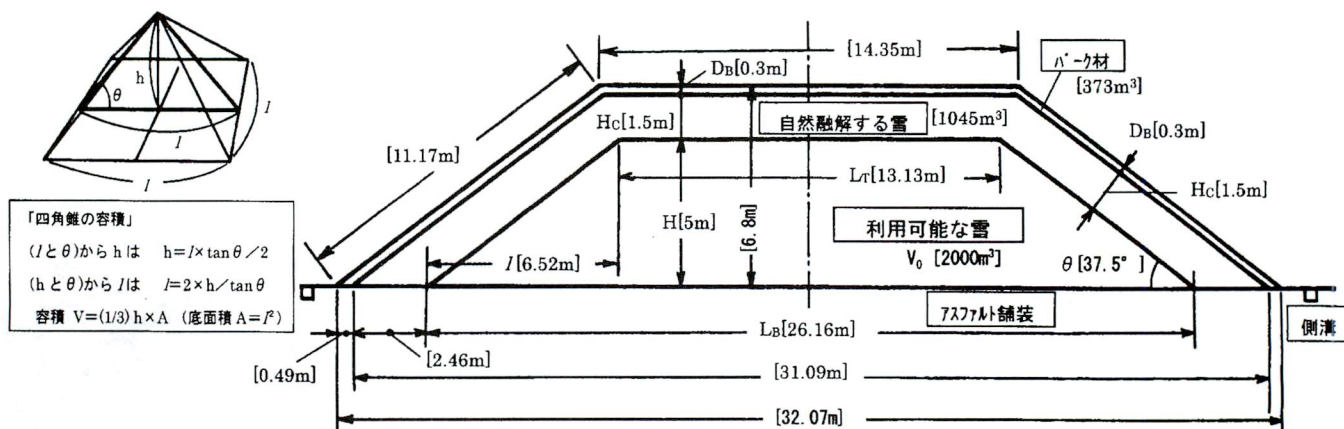


Fig. 2.4 雪山の主要寸法例 ($V_0=2000\text{m}^3$ の場合)

に 1.5m 大きな雪山を造成しておけば良いということになる。

2. 3 断热被覆材

雪山の断熱被覆材としては、安価で断熱性能が確保でき、かつ、風によって剥がれにくい材料が望ましい。一般的には、パーク材、粉殻、木屑などを 150~300mm 使用している例が多い。これらは、数年再利用できる。なお、降雨により雪山に鉛直の穴が開くのを嫌う場合には、工事用のシートなどで覆う、あるいは、雪山の途中に挟み込む例、例などもある。また、断熱材の雪への混入防止、あるいは再利用の容易性を考慮し、断熱材を袋詰めしている例もある。

2. 4 雪山の主要寸法の決定

雪山の形状は、建設機械による施工性から、一般的に四角錐台が望ましいが、敷地の大きさや形状を考慮し決める。また、建設機械のアームの長さの都合から雪山高さは5m程度以下である方が施工しやすい。

雪山表面の断熱材の滑落を予防するために、法部分の勾配は45度以下とすべきである。

貯蔵利用する雪の容積を I_0 が 2000m^3 の場合を例に採り正四角錐台とした雪山の主要寸法の例を示す.

条件 $V_0=2000\text{m}^3$ [利用する雪の容積 m^3]

$$H=5\text{m} \quad [\text{雪山の高さ } \text{m}]$$

$\theta = 37.5^\circ$ [法面の角度 $^\circ$ 度]

計算 l : 法面片側水平長さ [m]

L_B : 雪山下部水平長さ [m]

L_1 : 雪山上部水平長さ [m]

$$\tan (\theta)=\tan \left(37.5^{\circ}\right)=0.7673$$

$$l = H / \tan(\theta) = 6.52 \text{ m}$$

$$a = 2 \times 1 \times \tan(\theta) + H = 15$$

$$b = 2 \times I^2 \times \tan(\theta) + 4 \times I \times H = 195.48$$

$$c = 4 \times I^2 \times H - 3 \times V_0 = -5150.8$$

$$D=b^2-4\times a\times c=347261$$

$$L_B = (b + \sqrt{D}) / (2 \times a) = 26.16 \text{ m} \quad \dots (2)$$

$$L_1 = 2 \times l = 13.13 \text{ m} \quad \dots (3)$$

結果を Fig. 2.4 に示す.

2. 5 周辺環境への配慮

本論で取り扱う中小規模の雪山であれば、周辺環境への影響は少ない。雪が夏季まで存在することで、周囲の空気温度を低下させてしまう懸念については、調査により問題ないことが判明している。また、融解水による影響についても、敷地内で自然浸透可能な量であるため、とくに配慮する必要はない。ただし、融解水が地表から流出しないように、雪山外周部に簡易な排水溝の構築は必要である。また、農業用水に融解水が混入する危惧を有する場合においては、農業用水の水温低下を防ぐ対応策が必要である。

そのほか、雪山計画にあたっては、安全対策や景観対策などの配慮を要する。

3 雪山の造成

3. 1 地盤造成

雪山を支える地盤は、夏季に雪山から排出される雪解け水により、ぬかるみ易くなることと、造成時に建設機械車両が動き回るため、一定以上の強度を要する。清掃等の作業性を考慮すれば、アスファルト舗装などの導入が好ましい。

軟弱地盤においては、地盤改良材（セメントなど）を加え、地盤強度を確保したケースもある。改良地盤の

上には、砂利を敷き転圧を行う。地盤周囲には排水のための側溝などの設置が望ましい。

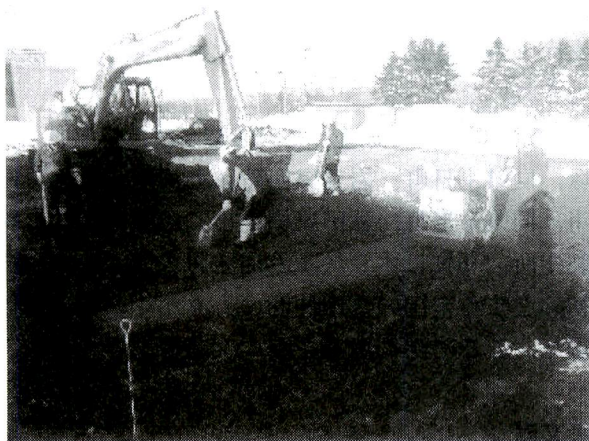


Fig3.1 雪山下の地盤造成

3. 2 雪の堆積

敷地内に一時集積した雪などを堆積し、四角垂台に成型する (Fig. 3.2). 貯蔵雪量 1000ton 規模の雪山 (Fig. 2.4 参照) であれば、バックホー (0.7 級) 2 機により 1 日 (8 時間) 程度で施工することが可能である。なお、建設機械などにより十分な圧密を雪に施すことが肝要である。

堆積作業の時期としては、北海道を例にとると 3 月下旬頃の雪解けが始まり雪の密度が大きくなりつつある頃が望ましい。

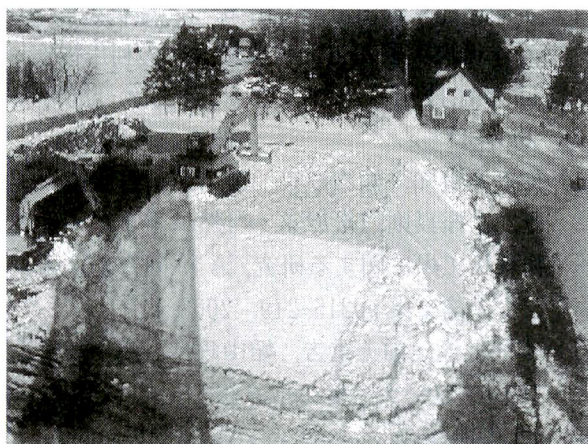


Fig. 3.2 雪の堆積作業

3. 3 断熱材の施工と管理

成型が完了した雪山の上に断熱材を敷設する。貯蔵雪量 1000ton 規模の雪山に厚さ 300mm のバーク材で断熱を施した場合、約 400m³ のバーク材 (25m³ 積み箱型トラック 16 台分) を要し、施工にはバックホー 2 機で 1 日弱を要する。なお、フォーク (農作業機具) の柄を用いバーク材が均一に被覆材されているかを確認する。

また、風による飛散が懸念される断熱材料の場合にはネットなどで覆う。

保存期間中、法面と天板の接合部でバーク材が剥離しがちである。週 1 回程度の雪山の状態確認が必要である。バーク材の剥離箇所や割れ部分を長期間放置すると、その部分から雪の融解が進み、補修が困難となるため、雪山の維持管理においては、“早期発見・早期対応”が基本である。

4 雪山の利用

一般的な雪山の利用方法としては、周辺への冷熱の供給や、冷熱源としての雪そのものの供給である。冷熱の利用方法としては、居住空間の冷房や農業分野の冷蔵あるいは冷熱利用をはじめ多岐に渡る。雪を観光資源として、雪山の観光分野での利用も行われている。環境改善への利用方法としては、停滞性水域の水質浄化利用なども研究されている。

また、雪山内に空間を構築することで、簡易に雪室を得ることができる。この雪室において、一般的な冷温貯蔵のほかに様々な活用方法が判ったので、2 例示す。

一つは、周辺の比較的綺麗な雪を球状に成型し、雪山雪室内に貯蔵しておく、夏季には食用とできるということである。融解の過程で不純物が雪玉の外へ排出されたと考えられ、残った雪部分が食品としての基準に耐えうるほど清潔であった。

つぎに、雪山雪室内での桜の開花抑制に成功したので示す。春季に花芽が出た桜枝を保存し、夏季に雪山雪室から取り出すと、約 1 週間後に満開となる。



Fig. 4 雪山桜

5 おわりに

本論では雪山造成の設計と施工について、例を示し、その方法と考え方について述べた。また、雪山の利用方法について、従来の冷熱利用のみならず様々な活用が始まっている例を示した。

第23回寒地技術シンポジウム(2007)

このような、地球に優しい取り組みと技術が世界の寒冷地に広がり、普及していくことを願う。

附記

現在、美唄自然エネルギー研究会（事務局：美唄市商工交流部産業振興課 0126-62-3131）では、「雪山職人」と呼ぶ雪山造成の技術者を育成すると同時に、雪山からの様々な冷熱の採取方法について、あるいは雪山の活用方法について研究を重ね、大きな成果を得ている。

ここに、これまで雪山技術の習得を終え雪山職人の称号を手にした職人たちを紹介する。

[雪山職人一覧(2007.5.現在)]

雪山親方：山上重吉

雪山棟梁：媚山政良

雪山リーダー：本間弘達、浅川勝貴、船木淳

雪山職人：上田徹、梅宮博、大泉素行、大坂道明、大関知孝、金子幸江、川村昌彦、小金山章、小林貴文、佐々木賢知、貞広樹良、佐藤孝信、妹尾満(雪山桜職人)、高橋信、高橋正徳、高山祐司、只野都啓、館下誠、出口健吾、藤田望、藤原健一、米本憲司、東利之、新井昇、市岡修一、伊藤孝、伊藤健、熊谷泰一、来正伸昭、茶木博昭、長井滋、中内翔大、中澤隆、服部直光、飛驒剛、三島均、宮谷征吾、森信章、山田秀樹



Fig. 5 雪山職人

また、雪山技術者の技術情報交換の機会、あるいは自分達の雪山自慢、技術者交流のために、2003年の北海道沼田町開催を初めとして、「雪山シンポジウム」が毎年開催されており、全国の積雪寒冷地より雪山の技術者が一堂に会している。本シンポジウムにおいても雪山について、深く熱く議論が交わされ、翌年以降の各地の雪山造成に技術が反映されている。

謝辞

本論執筆にあたり、多数の方々に多大なる御協力を戴いた。とくに、ともに汗と涙と鼻水を流した美唄自然エネルギー研究会の雪山プロジェクトのみなさん、全

国に先駆けて雪山技術開発に取り組んだ北海道沼田町のみなさんと室蘭工業大学のみなさん、北は北海道から南は九州まで全国各地でご活躍の雪山職人のみなさん、また、雪山職人養成にご協力戴きました北海道空知支庁のみなさん、美唄市のみなさんより多大なる御協力を戴いた。

そして何より、北海道岩見沢農業高校、新潟県上越市安塚、同県十日町、岩手県西賀和町沢内、山形県尾花沢市、同県舟形町、秋田県横手市、電源開発(株)、(株)植崎製作所、(財)日本システム開発研究所、三機工業(株)を初めとする全国の雪山仲間の方々から御指導御協力を得た。ここに深く謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 伊東宏城、媚山政良、川本周郎、松井正道、佐藤龍幸、岩腰壮康：沼田式雪山貯蔵実験報告、第16回寒地技術シンポジウム論文集 pp701-705, 2000. 11
- 2) 本間弘達、館脇英、野田恒、上田徹、森美津夫：建設廃材を利用した雪山における断熱効果の実験報告、第18回寒地技術シンポジウム論文集 pp814-821, 2002. 11
- 3) 内山郁男、杉山弘泰、中村洋一、上村靖司：長野県飯山市及び新潟県小出町における粉殻およびおが屑を利用した夏季保存実験について、第18回寒地技術シンポジウム論文集 pp801-807, 2002. 11
- 4) 本間弘達、野田恒、上田徹、森美津男：雪山下の冷水循環実験報告と酪農施設への利用提案、第19回寒地技術シンポジウム論文集 pp632-637, 2003. 11
- 5) 佐々木賢知、媚山政良、榎清、清野勝博、能登生万、富樫真則、松坂覚：自然エネルギー優先型植物栽培工場に関する研究、第19回寒地技術シンポジウム論文集 pp215-219, 2003. 11
- 6) 本間弘達、山上重吉、媚山政良、浅川勝貴：美唄雪山プロジェクトの取り組み～その1～、第22回寒地技術シンポジウム論文集 pp531-536, 2006. 11
- 7) 浅川勝貴、山上重吉、媚山政良、本間弘達：美唄雪山プロジェクトの取り組み～その2～、第22回寒地技術シンポジウム論文集 pp537-542, 2006. 11
- 8) 佐々木賢知、媚山政良、岸浪紘機、矢野潔、伊東宏城：雪山横穴空洞式熱交換システムの開発に関する研究 -イチゴ育苗ハウスへの雪冷房システムの利用-、日本雪工学会誌 Vol. 23, 2007. 1